



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

KOVÁNÍ HLAVNÍ

BARREL FORGING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Zdeněk Moravec

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Zdeněk Lidmila, CSc.

BRNO 2019

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Zdeněk Moravec**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **doc. Ing. Zdeněk Lidmila, CSc.**
Akademický rok: 2018/19

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Kování hlavní

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Výroba hlavní palných zbraní je technologicky náročný proces. Hlavně ručních zbraní je možné zhotovit obráběním s následným protlačením vývrtu, ale z hlediska jejich pevnostních vlastností je výhodné hlavně kovat. Na výrobní postup malorážové hlavně s využitím technologie rotačního kování je orientována i bakalářská práce.

Cíle bakalářské práce:

- Uvést specifika hlavní ručních zbraní.
- Analyzovat možné způsoby výroby řešené součásti.
- Popsat metodu rotačního kování a možnosti jejího uplatnění při výrobě zbraní.
- Zpracovat technologický postup výroby kované hlavně.

Seznam doporučené literatury:

ASM-Metals Handbook: Forming and Forging. (2004): Vol.14. USA ASM International. S. 978. ISBN 0-87170-020-4.

LIDMILA, Zdeněk. (2008): Teorie a technologie tváření II. Brno: Univerzita obrany, 2008. 106 s. ISBN 978-80-7213-580-2.

JANKOVÝCH, Róbert (2012): Hlavně zbraní a střelivo, Vysoké učení technické v Brně, ISBN 978-80-260-2384-5.

NEZVAL, Vít (2018): Zlepšování užitečných parametrů balistických měřidel, Disertační práce. Brno: Univerzita obrany, Fakulta vojenských technologií.

LIDMILA, Zdeněk, Jan LUKEŠ a Emil SVOBODA. (1999): Strojírenská technologie II, Technologie ve výrobě zbraní a munice. 169 s.VA Brno.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

MORAVEC Zdeněk: Kování hlavní

Práce obsahuje popis základních specifik hlavní ručních palných zbraní. Dále předkládá přehled metod výroby drážkované hlavně a popisuje metodu rotačního kování, její použití při výrobě hlavní palných zbraní a základní principy kovacích strojů. V poslední kapitole je uveden rámcový výrobní postup obecné kované malorážové hlavně. Postup obsahuje stručný popis operací a schématické obrázky vybraných operací.

Klíčová slova: hlaveň, rotační kování, kovaná hlaveň, výroba hlavní, drážkování

ABSTRACT

MORAVEC Zdeněk: Barrel forging

The thesis contains a description of basic specifics of small arms barrels. Further presents the overview of other production methods and describes the method of rotary swaging, its use in production of the small arms barrels and basic principles of forging machines. In the last chapter there is a general manufacturing process of general forged small arms barrel. The procedure includes a brief description of operations and a schematic images of selected operations.

Keywords: barrel, rotary swaging, forged barrel, barrel making, rifling

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

MORAVEC, Zdeněk. *Kování hlavní*. Brno, 2019. 28 s, 1 příloha, CD. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/116381>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Zdeněk Lidmila.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V dne 24.5.2019

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu doc. Ing. Zdeňku Lidmilovi, CSc. za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce.

Dále bych chtěl poděkovat mé rodině, která mi umožnila studiu vysoké školy a po celý jeho čas mě podporovala.

OBSAH

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

	Str.
ÚVOD	9
1 HLAVNĚ PALNÝCH ZBRANÍ	10
1.1 Hlaveň	12
2 VÝROBA HLAVNÍ	14
2.1 Protahování	15
2.2 Drážkování	16
2.3 Protlačování	17
2.4 Flow forming	17
2.5 Elektrochemické obrábění drážek	18
3 ROTAČNÍ KOVÁNÍ	19
3.1 Kovací stroje	20
3.2 Rotační kování hlavní	22
4 VÝROBNÍ POSTUP KOVANÉ HLAVNĚ	24
5 ZÁVĚRY	28

Seznam použitých zdrojů

Seznam použitých symbolů a zkratk

Seznam obrázků

Seznam tabulek

Seznam příloh

ÚVOD [1], [2], [3], [4]

Palné zbraně se staly nedílnou součástí lidské společnosti. Už od dob svého vzniku jsou používány jak k lovu a sportovní střelbě, tak ve vojenství a sebeobraně. Moderní loveckou zbraní je například CZ 557 Lux na obr. 2. Moderní vojenskou zbraň může reprezentovat například CZ BREN 2 BR z obr. 3. Nedílnou součástí každé palné zbraně je hlaveň. Zákona č. 119/2002 Sb., o střelných zbraních a střelivu definuje palnou zbraň jako střelnou zbraň, u které je funkce odvozena od okamžitého uvolnění chemické energie. K tomuto uvolnění energie dochází, u většiny zbraní, právě v hlavni. Řez hlavní s nábojem vloženým v nábojové komoře je na obr. 1. Hlavně jsou tak součástí, u kterých je kladen důraz jak na vysokou přesnost výroby, tak na splnění bezpečnostních požadavků, tj. především na jejich pevnost. Výroba hlavní je tak velmi složitý proces technický proces. Hlavně lze v dnešní době vyrábět různými metodami ale už od dob svého vzniku se k jejich výrobě využívá metody kování. Od původního ručního kování se s rozvojem průmyslu přešlo na produktivnější kování pomocí bucharu. Jednalo se ovšem o kování za kovací teploty, proto bylo nutné hlavě ještě obrábět. Dnes již běžně používaná metoda rotačního kování se provádí za studena. Touto velice progresivní metodou lze vyrobit hlavě již na hotovo.



Obr. 1 Řez hlavní s vloženým nábojem [2], Obr. 2 CZ 557 Lux [3],
Obr. 3 CZ BREN 2 BR [3]

1 HLAVNĚ PALNÝCH ZBRANÍ [4], [5], [6], [7], [8], [9],

Znalost výroby střelného prachu, zpracování železa a vysoká úroveň kovářského umění spolu s myšlenkou využít střelný prach jako hnací prostředek palných zbraní umožnili vznik palných zbraní. V Evropě k tomu došlo ve 14. století, kdy se na bitevních polích začíná objevovat první dělostřelectvo a nedlouho po něm i první ruční palné zbraně. Ty se od nich ve své podstatě nelišily, byla to jen natolik zmenšená děla, aby se dala při výstřelu držet v ruce. Tyto zbraně (píšťaly na obr. 4 a hákovnice) měly podobu relativně krátkých na jednom konci plně uzavřených trubek ze železa nebo bronzu na tomto konci byl vyvrtán malý otvor který sloužil k odpálení prachové nálože. Hlavně z bronzu byly odlévány,



Obr. 4 Husitská píšťala
[6]

železné hlavně vykované z jednoho kusu nebo kovářsky svařené ze železných pásů. Takové hlavně byly někdy zakončeny vykovanou celokovovou tyčí, dřevěnou násadou nebo zadlabávány do dřevěných trámů. Některé z nich se opatřovaly háky pro opření o pevnou podpěru např. hradební cimbuří. Účinnost střelby z nich byla velmi nízká, rychlostí střelby (nabíjení trvalo i několik minut) ani průbojností střely se nemohly rovnat lukům a kuším. Princip střelby z nich spočíval v nasypání dávky prachu do hlavně vložení projektilu (kamenná nebo olověná kule), utěsnění ucpávkou a udusání nabíjákem k vyvození samotného výstřelu bylo nutno otvorem na konci hlavně prostrčit rozžhavený drát nebo přiložit hořící doutnák. Zacházení s takovými zbraněmi bylo nebezpečné, protože střelec musel neustále manipulovat s otevřeným ohněm a střelným prachem současně a nezdá se, kdy docházelo i k roztržení hlavně. Již v průběhu 15. století dochází k prvním vylepšením, hlaveň se prodlužuje, pažba zalamuje, zápalný kanálek se přesouvá z vrchní plochy hlavně na boční a je k němu připojena pánvička pro nasypání prachu a doutnák se přesouvá z ruky střelce na konec páky ohnuté do tvaru písmene S připevněné k hlavní zbraně. Při stisknutí jednoho konce se konec s doutnákem dotkl prachu na pánvičce a zažehl tak prachovou nálož.

Na konci 15. století se objevuje doutnákový zámek s pružinou což znamenalo další zdokonalení vznícení střelného prachu. Ten a značné prodloužení hlavně dává počátkem 16. století vzniknout mušketám, které díky dlouhé hlavní a hmotnosti střely dosahují mnohem větší průbojnosti. To byla ovšem jejich jediná přednost, zdoluhavost nabíjení se nijak neodstranila. I přes tyto nedostatky jejich zastoupení v armádách stoupá a už na konci 16. století tvoří střelci z palných zbraní polovinu veškeré pěchoty. Nedlouho po doutnákovém se objevuje zámek kolečkový (obr. 5). Fungoval tak že po stisku spouště se roztočilo předepjaté kolečko, po obvodu opatřené příčnými rýhami, to se dotklo křesacího kaménku čímž vznikly jiskry, které zažehly střelný prach. Díky značné konstrukční složitosti byly velmi drahé proto nikdy plně nenahradily doutnákové zámky. Jako další se objevuje křesadlový zámek, jedná se o křesací kamínek umístěný v čelistech kohoutu a proti němu umístěnou ocílku. Stisknutím spouště je uvolněn kohout a křesací kamínek udeří do ocílky a tím vykreše jiskry.

Křesací zámek (obr.6) značně zvýšil rychlost palby a díky své konstrukční jednoduchosti se rychle rozšířil a nahradil předešlé typy. Od konce 17. století se palné zbraně staly výzbrojí všech příslušníků pěchoty, to vedlo po velké poptávce a vznikají tak manufaktury na jejich výrobu. Zbraně sestávající z křesadlového zámku, hlavně s hladkým vývrtem a zadlabané v dřevěné pažbě zůstávají bez významnějšího zlepšení konstrukce ve výzbroji armád přes 250 let.

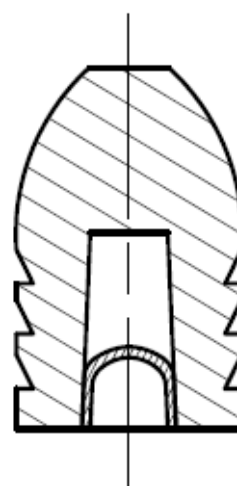


Obr. 5 Kolečkový zámek [7]



Obr. 6 Křesadlový zámek [7]

Drážkování hlavní vynalezené už na přelomu 15. a 16. století se kvůli náročnosti a zdoluhavosti výroby ale také problematické a pomalé nabíjení dlouhou dobu omezoval na lovecké a terčové zbraně. I cena takových hlavních byla oproti hladkému vývrtnu výrazně vyšší. Nabíjení zbraně opatřené drážkovaným vývrtem sestávalo z nutnosti střelu nejprve narazit do drážek a potom ji nabíjákem protlačit celým vývrtem až do nábojové komory. I přes výrazně lepší přesnost způsobenou rotací střely byly hlavně vojenských pušek kvůli vyšší rychlosti nabíjení téměř výhradně s hladkým vývrtem. Zavedení drážkovaných hlavních i u vojenských pušek umožnily až vynálezy systémů umožňujících nabíjení bez ztráty palebné rychlosti. K tomu došlo až v první polovině 19. století. Objevují se různé systémy se dvěma drážkami nabíjené střelou s bočními výstupky nebo systémy pušek Lancaster, kde příčný průřez vývrtnu nebyl kruhový, ale byl tvořen oválem a Whithworth, kde byl tvořen mnohoúhelníkem tvořícím na celé délce hlavně



Obr. 7 Řez střelou Minié [5]



Obr. 8 Perkuskí zámek [8]

spirálu. Stejný příčný průřez měla i střela a bylo jí tak možné snadno vsunout do nábojové komory. Takové metody si nezískaly oblibu hlavně kvůli komplikované výrobě střel. Další metody spočívali v použití střel s menším průměrem než vývrt, které se snadno zasunuli do nábojové komory a tam se úderem nabíjáky rozšířily a při výstřelu se zařizly do drážek vývrtnu. Problém snadného nabíjení drážkovaných hlavních se definitivně vyřešil vynálezem podlouhlých střel, které se díky své konstrukci při výstřelu samy rozšíří.

Nejvýznamnější byla střela Minié (obr 7.), ta měla vzadu kuželovou prohlubeň s lehkým železným krytem. Při výstřelu dochází k zvětšení průměru tak že tlak prachových plynů vtlačí železný kryt jako klínek do prohlubně. Další hojně používané byly střely na principu komprese, podlouhlá střela s příčnými zářezy se pod tlakem prachových plynů zkracovala a zároveň se rozšiřovala. Ve stejné době se objevují zápalky s nárazovou složí a pro ně určený perkusní zámek (obr 8.).

Další zdokonalení znamenal až příchod zadovek. Výhodou nabíjení zezadu je mimo značného zvýšení palebné rychlosti, především dokonalé utěsnění střely v drážkách bez nutnosti použití metod pro její rozšíření, tato koncepce také umožnila vznik jednotných nábojů. Nabíjení zezadu spolu s jednotným nábojem bylo poprvé použito u tzv. Jehlovek, kde jsou střela, prachová nálož a zápalka společně v papírovém obalu. Při výstřelu jehla bicího mechanismu propíchne papírový obal, celou prachovou nálož a nabodne zápalku. Výhody takových zbraní se plně ukázaly při vítězství Pruska v prusko-rakouské válce r. 1866. Pruská armáda vyzbrojená zadovkami měla výraznou palebnou převahu nad Rakouskou vyzbrojenou předovkami. Po této válce řada armád přezbrojuje z předovek na zadovky s jednotným nábojem. Z papírového náboje se postupně stává náboj, jaký známe dnes se středovým nebo okrajovým zápalem, nejčastěji mosaznou nábojnicí a plněné bezdýmným prachem (obr. 9). Jako nejlepší se ze všech druhů závěrů zadovek projeví odsuvné válcové závěry, které se odemykají a uzamykají otočením kolem své podélné osy. Přidáním nábojové schránky vznikají opakovací pušky, které se např. v myslivosti používají i v současnosti. Ve 20. století v důsledku světových válek vznikají další typy hlavních zbraní jako samopaly, samonabíjecí a útočné pušky zdokonalované až do současnosti.



Obr. 9
Jednotný náboj
[9]

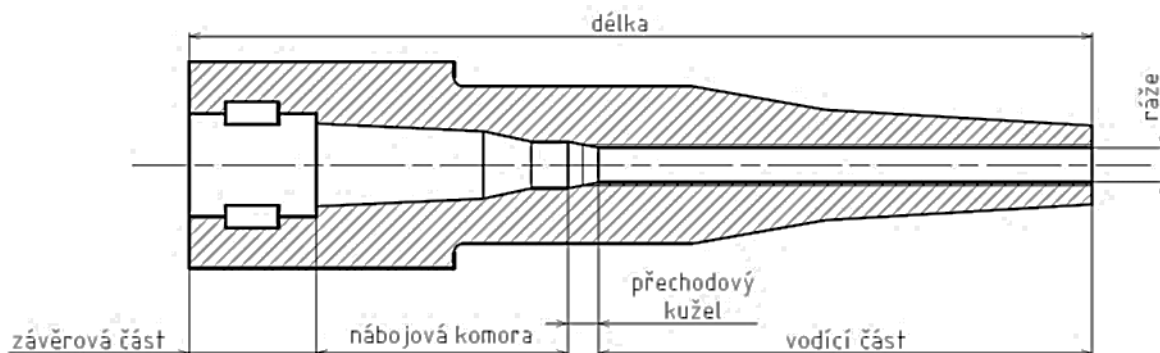
1.1 Hlaveň [10]

Hlaveň je základní součástí hlavně zbraně a dala by se definovat jako osově symetrická válcová tlaková nádoba, v přední části ve směru pohybu střely otevřená a uzavřená závěrem v zadní části. Přední část se nazývá ústí a zadní část zadní čelo. Hlaveň ve své podstatě slouží k tomu, aby střele udělila počáteční rychlost a případně i stabilizační rotaci.

Vnitřní prostor hlavně se nazývá vývrt a je to rotačně symetrický otvor s osou tvořící osu hlavně. Členění vývrtu je znázorněno na obr. 10, členění se na:

- závěrovou část, ta slouží k propojení závěru s hlavní a nemusí být přítomna u všech hlavních, záleží na typu zbraně,
- nábojovou komoru, tvarem kopíruje tvar náboje se zahrnutím takových vůlí, aby bylo zajištěno spolehlivé nabití náboje a vytažení prázdné nábojnice,
- přechodový kužel, je to přechod mezi nábojovou komorou a vodící částí vývrtu a slouží k utěsnění plynů střelou, pokud se jedná o hlavěň drážkovanou tak zde drážkování začíná a zde také dojde k zařazení střely do drážek,
- vodící část, může být hladká pro hromadnou střelu a u historických zbraní nebo drážkovaná.

Délka a ráže jsou základní určující rozměry hlavně a jsou znázorněny na Obr.7. Délka je vzdálenost mezi zadním čelem a ústím hlavně, udává se většinou v milimetrech nebo palcích. Ruční palné zbraně se dle délky hlavně rozlišují na krátké (do 300 mm) a dlouhé. Ráže je dle normy ČSN 39 5002-1 smluvní velikost průměru vodící části vývrtu. Dle ráže se hlavně dělí na malorážové (do 20 mm) a dělové (nad 20 mm).



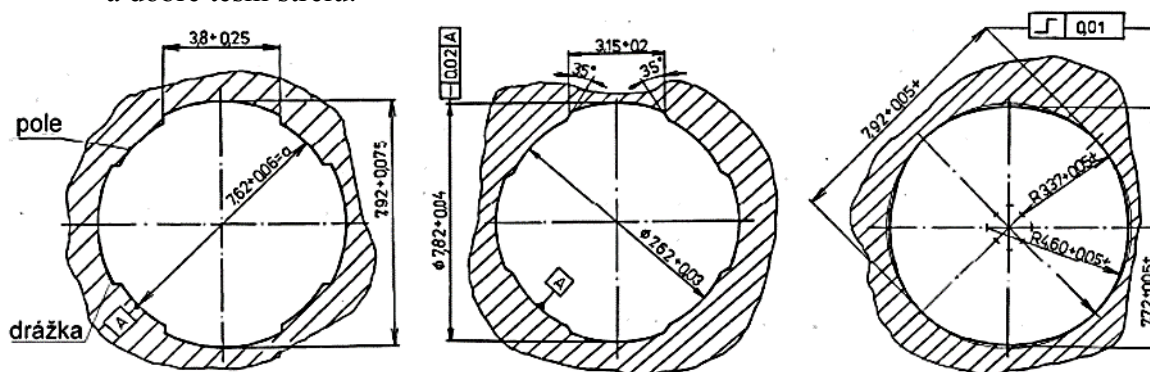
Obr. 10 Členění vývrtu hlavně [10]

Tvar vlastní hlavně je dán tloušťkou stěn, která se odvíjí od členění a tvaru vývrtu. Tloušťka stěn je z důvodu bezpečnosti navržena tak aby odolala i zatížením vyšším, než jsou zatížení provozní. Stěna bývá nejtlustší v zadní části hlavně kde se nachází nábojová komora v té hoří prachová náplň a tlak plynů je zde největší.

Drážkování vodící části vývrtu sestává z šroubovitých drážek, obvykle jich bývá sudý počet (4, 6, 8, ...) ale existují i hlavně s počtem lichým. Toto drážkování slouží k udělení počáteční rychlosti střely a k udělení rotace, kterou je střela stabilizována během letu. Stoupání drážek bývá konstantní a úhel stoupání je volen dle požadavků na stabilitu střely.

Důležitá je i hloubka drážek, která se u malorážových hlavní pohybuje v rozmezí (0,015-0,025) ráže hlavně. Malá hloubka drážek způsobí větší opotřebení hlavně a snižuje tak její životnost. Velká hloubka drážek zase způsobuje nevhodné deformace střely. Existují různé profily drážek:

- **pravoúhlý**, obr.11a) vhodný pro výrobu třískovým obráběním,
- **lichoběžníkový**, obr.11b) vznikl úpravou pro výrobu rotačním nebo radiálním kovááním či protlačováním,
- **polygonální**, obr.11c) tvořen tečně navazujícími kruhovými oblouky jejichž středy leží mimo osu hlavně, vhodný z hlediska údržby, zvyšuje životnost hlavně a dobře těsní střelu.



Obr. 11 Profily drážek a) pravoúhlý, b) lichoběžníkový, c) polygonální [10]

2 VÝROBA HLAVNÍ [11], [12], [13],

Hlavně jsou součástí s vysokými požadavky na pevnost, kvalitu povrchu a rozměrovou přesnost. Výroba drážkované hlavně obecně sestává z vyrobení vývrtu a obrobení vnější plochy. Při výrobě vývrtu se obecně postupuje tak že do výchozího přířezu materiálu je vyvrtán průchozí otvor, který je následně vystružen a honován nebo leštěn. Vrtání průchozího otvoru do polotovaru je nejnáročnější obráběcí operací při výrobě hlavně. Při vrtání může dojít ke vzniku nesouososti vývrtu a vnějšího povrchu hlavně. Zvláště náročné je potom u hlavně dlouhých palných zbraní vyráběných metodami, při nichž je nutné vrtat skrze celou délku hlavně, tj. protahování, protlačování a drážkování. Následně jsou vyrobeny drážky vývrtu. Poté je vyhrubována a vystružena nábojová komora. Dále může být povrch vývrtu opatřen povrchovou úpravou např. chromováním nebo nitridací a vyleštěn.

Hlavně mají vždy zaručené předepsané chemické složení a od ocelí běžných jakostí se liší pečlivějším způsobem výroby, rovnoměrnější a čistější strukturou. Hlavně musí mít následující vlastnosti:

- vysokou pevnost (mez pevnosti R_m hlavnových ocelí pro malorážové hlavně se pohybuje kolem 1000 Mpa),
- dobrou houževnatost,
- dostatečnou tvrdost,
- žárupevnost,
- chemickou odolnost,
- odolnost proti erozi prachovými plyny,
- odolnost proti otěru,
- nízký součinitel tepelné roztažnosti,
- a dobrou obrobitelnost.

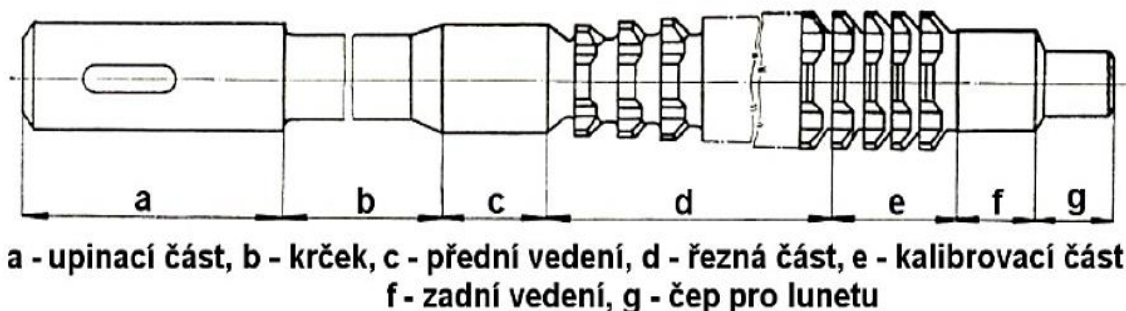
Základní mechanické vlastnosti materiálu ovlivňuje především jeho chemické složení. Legujícími prvky hlavnových ocelí jsou chrom (žárupevnost a zvýšení odolnosti proti otěru a erozi), nikl (zmírnění poklesu houževnatosti s klesající teplotou), molybden a wolfram (menší citlivost k popouštění křehkosti), vanad (zjemnění zrna), mangan a křemík. Výrobci většinou nabízejí omezený počet dlouhodobě osvědčených materiálů. Přehled hlavnových materiálů je uveden v příloze 1.

Drážkování lze vyrobit některou z následujících metod. Metody jako protahování a drážkování jsou třiskové. Při protlačování, flow formingu a rotačním kování vznikají drážky nebo celá hlaveň tvářením. Speciální metodou je elektrochemické vypalování.

2.1 Protahování [11], [14]

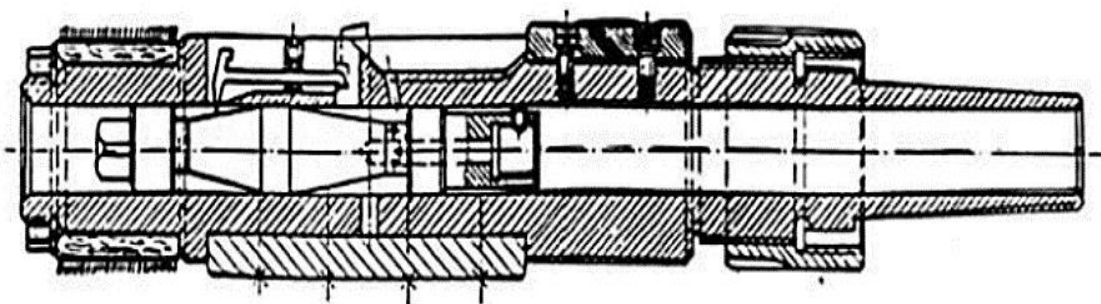
Princip protahování drážek je podobný metodě klasického protahování. Hlavní rozdíly jsou velká protahovaná délka vzhledem k průměru a šroubovitý pohyb protahováku. Protahování se používá u hlavní větších ráží. Při výrobě drážek se používají tyto typy protahováků:

- A) Celistvý protahovák** (do průměru 70mm) Protahuje všechny drážky současně. Mezi břity je nutná velká rozteč, a proto jsou dost dlouhé. Používají se především u menších průměrů. Protahovací trn (obr. 12) se skládá z upínací, vodící, řezné a kalibrovací části.



Obr. 12 Celistvý protahovák [14]

- B) Protahovák, protahující drážky po sekcích** (do průměru 70mm) Konstruován tak že současně protahuje jen 1/3 nebo 1/4 celkového počtu drážek. Po protažení jedné skupiny drážek se nástroj či obrobek pootočí o danou rozteč, a to se opakuje až do vyrobení všech drážek. Protahovák může být celistvý nebo se zuby vsazenými do základního tělesa protahováku. Oproti celistvému protahováku jsou protahovací síly nižší.
- C) Tažná hlava** (průměry nad 70mm) Do tažné hlavy (obr. 13) se samostatně vkládají jednotlivé nože podle počtu drážek v hlavni (obvykle v počtu 8 až 20). Zuby jsou protahovány postupně po záběrech. Po každém tahu se zuby, pomocí kuželu umístěného v hlavě, povysunou o šířku záběru až do vyřezání požadované hloubky drážek. Protahování se provádí v sekcích. Výhody použití tažné hlavy jsou možnost měnit nože a tím i tvar, profil a hloubku drážek. Nevýhodou je výrobně složitý nástroj.



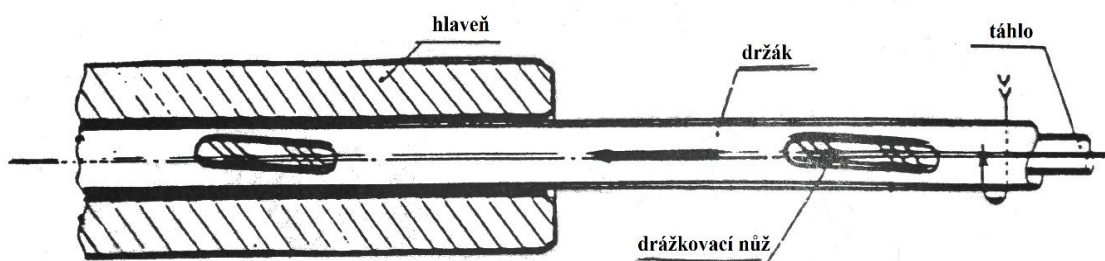
Obr. 13 Tažná hlava [11]

D) Tažné kroužky (průměry nad 70mm) Protahovací trn je sestaven z kroužků a distančních vložek nasazených na tyč. Každý kroužek tak tvoří jednu sekci zubů, má požadovaný profil a úplný počet drážek. Na tyči jsou poskládány od nejmenšího záběru po největší až do požadované hloubky drážek. Na každý profil drážek je potřeba zvláštní sada kroužků (35-50). Poslední kroužky sady jsou hladicí a kalibrující. Trvanlivost sady kroužků bývá 20 až 30 kusů hlavní. Všechny drážky se tedy protahují současně a jsou přesnější než při použití tažné hlavy. Nevýhodou je dražší nástroj, větší síly potřebné na protažení drážek a nemožnost korekce profilu (ten je pevně dán profilem kroužků).

2.2 Drážkování [11], [15]

Drážkování je nejstarší metodou výroby drážek. K jejich výrobě se používá už od jejich vynálezu. Provádí se na speciálních drážkovacích strojích pomocí drážkovacího nože ve speciálním držáku. Schéma drážkování je na obr. 14.

Hlaveň je při drážkování pevně upnutá a držák koná jak rovnoměrný přímočarý pohyb, tak otáčivý pohyb kolem podélné osy. Hrana nože se tak pohybuje po šroubovici a drážkuje vývrt. Drážkovací nože usazené v držáku, jsou v úvrati přivedeny do záběru krátkým pohybem táhla, které držákem prochází. Používají se jak jednobřité, tak dvoubřité nože pro oboustranný záběr. Jednobřitý nůž drážkuje pouze v jednom směru, a to jen při tažení. Při tlačení držáku zpět do počáteční úvrati se nůž pohybuje naprázdno tj. neřeže drážky. Efektivnější způsob drážkování je použití dvoubřitých nožů pro oboustranný záběr, kdy jsou nože přiváděny do záběru v každé úvrati a řezání drážek se tak provádí jak při tažení, tak při tlačení držáku.



Obr. 14 Schéma drážkování [11]

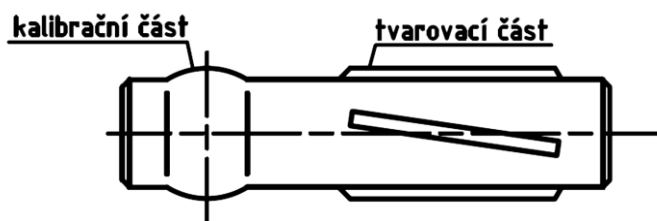
Obvykle bývají na držáku 4 nože (dva a dva proti sobě). Nože mají tvar odpovídající profilu drážek. Pokud je počet drážek v hlavni větší než 4 tak je nutné držák pootočit pomocí dělicího přístroje a může tak drážkovat další skupinu drážek. Je tedy nutné, aby byl počet drážek sudý a dělitelný počtem nožů v držáku.

Drážkování se používá u hlavní z méně pevných materiálů, protože při drážkování pevnějších materiálů se nože velmi rychle opotřebovávají a je nutné je často brousit a vyměňovat. Především z důvodu produktivity a efektivnosti je v současnosti drážkování nahrazováno jinými metodami, a to hlavně rotačním kovááním a protlačováním.

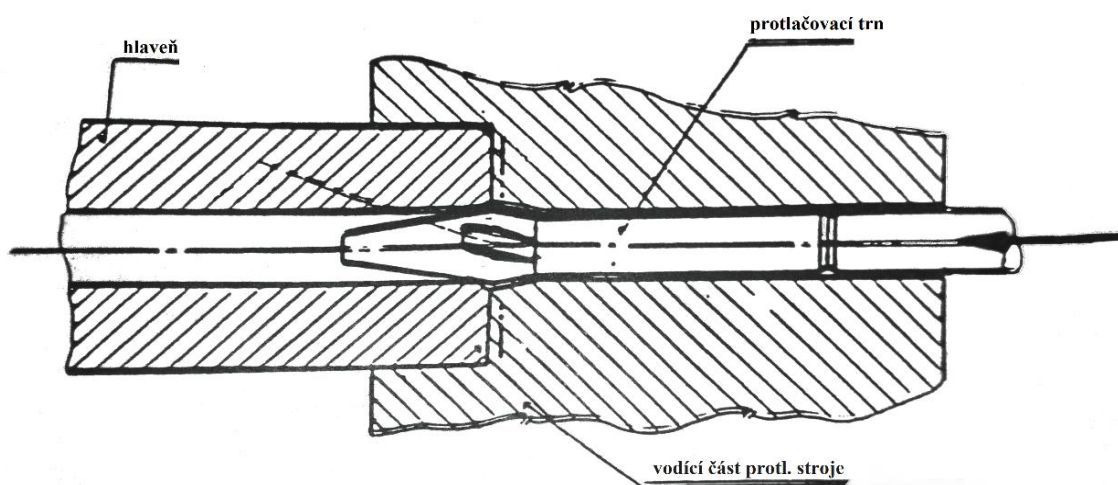
2.3 Protlačování [11], [15]

Drážky při této metodě vznikají tvářením. Na vodorovném hydraulickém lisu se pomocí protlačení tlačného trnu (obr. 15) skrze celý vývrt hlavně vytvoří reliéf drážek. Tlačný trn se skládá z přední části, která tvaruje drážky a koncové kalibrační části, která kalibruje průměr v polích (ráži).

Povrch vývrtu musí být před samotným protlačováním vyroben již na hotovo, vyleštěn a lehce poměděn. Vrstvička mědi sníží tření vznikající při protlačování trnu. Princip protlačování je znázorněn na obr. 16.



Obr. 15 Protlačovací nástroj [11]



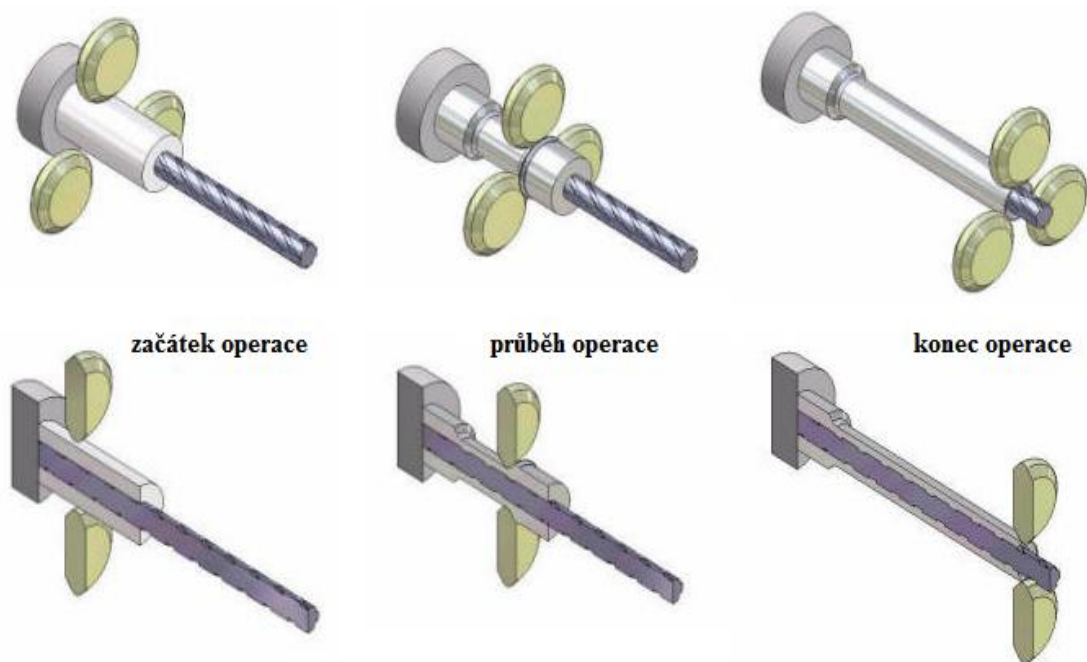
Obr. 16 Schéma protlačování [11]

Tato metoda se uplatňuje u hlavně z méně pevných materiálů s dostatečnou tloušťkou stěny z důvodu velkého namáhání hlavně na vzpěr. Protlačováním se vyrobí pouze drážky, nábojovou komoru je nutné zhotovit obráběním. V současnosti je protlačování vedle rotačního kování jednou z nejvíce používaných metod pro výrobu drážkovaných hlavní.

2.4 Flow forming [16]

Vyvinutý ve Švédsku v 80. letech je proces tváření za studena, byl vytvořen pro výrobu válcových bezešvých dutých dílů přesných rozměrů. Takovými díly jsou i hlavně a tak se tato metoda začala aplikovat i na ně. Existují dva typy flow formingu dopředný a zpětný. Dopředný (materiál teče ve směru posuvu válců) se používá pro polotovary s úplně nebo částečně uzavřenou jednou stranou. Zpětný (materiál teče proti směru posuvu válců) se používá u polotovarů s průběžným otvorem. Dopředným flow formingem se vyrobí celá hlaveň včetně vnějšího povrchu. Princip výroby hlavně touto metodou je následující. Válcový polotovár s průchozím otvorem je nasunut na trn ze slinutého karbidu (ten tvoří negativ hlavně). Polotovár má tlustší stěnu a je kratší než výsledná hlaveň. Používají se většinou tři válce radiálně a axiálně přesazené pro dosažení vhodných podmínek tváření.

Polotovár s trnem se otáčí, válce se tlačí do materiálu a pomalu se posouvají v ose trnu. Dojde tak ke ztenčení stěny, prodloužení polotovaru a vytvoření drážek vývrtu. Proces je znázorněn na obr. 17.



Obr. 17 Flow forming [16]

Touto metodou je dosahována dobrá geometrická přesnost a kvalita povrchu a také zpevnění materiálu. Největší výhodou je vysoká produktivita. Nevýhodou je že metodu lze aplikovat pouze na kratší malorážové hlavě a vysoké teplotní zatížení materiálu.

2.5 Elektrochemické obrábění drážek (ECR) [11]

Jde o speciální aplikaci elektrochemického obrábění proudícím elektrolytem. Jako nástroj se používá vodivá elektroda, která tvoří negativ hlavě a během obrábění se otáčí (schematicky na obr. 18). V přední části je elektroda zkosená, proto aby k úběru materiálu docházelo na co největší ploše. Výhody metody jsou zejména její velká rychlost a produktivita a také to že při ní nedochází k deformacím hlavě. Nevýhodou jsou vysoké náklady ve srovnání s klasickými metodami, proto je využívána především pro drážkování hlavě ze zvláštních materiálů (na bázi titanu a kobaltu). Další nevýhodou je možnost chemického ovlivnění povrchové vrstvy, které by mohlo snižovat životnost hlavě. Tato metoda není příliš užívaná.



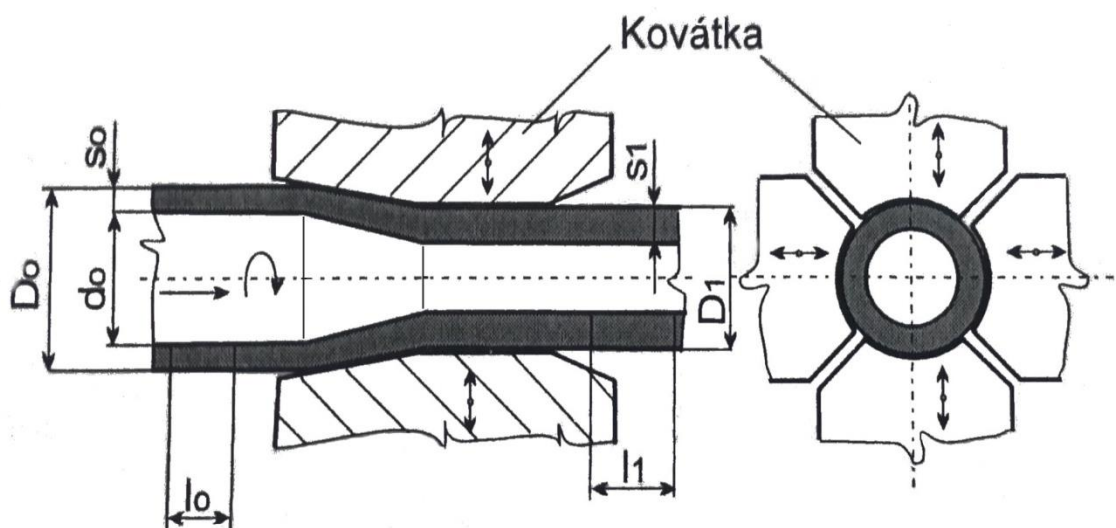
Obr. 18 Schéma ECR [11]

3 ROTAČNÍ KOVÁNÍ [11], [12], [17]

Rotační kování je metoda využívaná pro přesné tváření trubek, tyčí a drátů. Touto metodou lze vyrábět osazené rotační výkovky s dlouhou hlavní osou jak plné, tak i duté, a to včetně přesných, tvarově členitých otvorů u trubkových polotovarů. V závislosti na velikosti polotovaru je rotační kování realizováno za studena, tj. pod teplotou rekrytalizace tvářeného materiálu, nebo za tepla. Součásti vyrobené za studena jsou zhotoveny téměř na hotovo a nevyžadují žádnou nebo jen minimální následnou úpravu povrchu. Při kování za studena je dosažený stupeň přesnosti vnějšího povrchu IT 11 a vnitřního (při kování na trnu) IT 8 až IT 6. Za tepla se potom na vnějším povrchu dosahuje přesnosti ve stupni IT 12 a na vnitřním povrchu IT 9. Jako u všech tvářecích metod je i zde v porovnání s třískovým obráběním výrazná úspora materiálu. Odpad většinou zahrnuje jen neprokovanou část, za kterou byla součást upnuta. Je to velice produktivní a variabilní metoda. Příkladem součástí vyrobených rotačním kováním jsou duté hřídele, duté sloupky řízení nebo právě hlavně palných zbraní.

Princip rotačního kování spočívá v redukování průřezu polotovaru mezi kovátky. Ta působí na materiál silou kolmou na osu polotovaru. Při deformaci tak dochází k současnému lokálnímu zmenšení průřezu a zvětšování celkové délky polotovaru. Princip rotačního kování trubkového polotovaru je znázorněn na obr. 19. Při rotačním kování vykonává stroj vždy několik činností současně a to:

- **synchronizovaný kmitavý pohyb kovátek**, frekvence kmitání se u moderních strojů může pohybovat v rozmezí 1000 až 10000 úderů za minutu v závislosti na charakteru tvářené součásti a konstrukci stroje,
- **posuv polotovaru mezi kovátky**
- **rotační pohyb polotovaru**, tímto pohybem se zamezí vzniku podélných otřepů v mezerách mezi kovátky, u některých konstrukcí strojů se mohou otáčet kovátky okolo tvářeného polotovaru,
- **synchronizované rozevírání nebo svírání kovátek** při změně kovaného průměru.



Obr. 19 Princip rotačního kování [12]

Velikost tvarových změn z obr. 19, je možné vyjádřit pomocí poměrné deformace. Velikost deformace průměru, tloušťky stěny a délky polotovaru lze zapsat takto:

$$\text{průměr} \quad \varepsilon_D = \frac{D_0 - D_1}{D_0}, \quad [-] \quad (3.1)$$

kde: $D_0[mm]$ je výchozí průměr,

$D_1[mm]$ je průměr po deformaci,

$$\text{tloušťka stěny} \quad \varepsilon_s = \frac{s_0 - s_1}{s_0}, \quad [-] \quad (3.2)$$

kde: $s_0[mm]$ je výchozí tloušťka stěny,

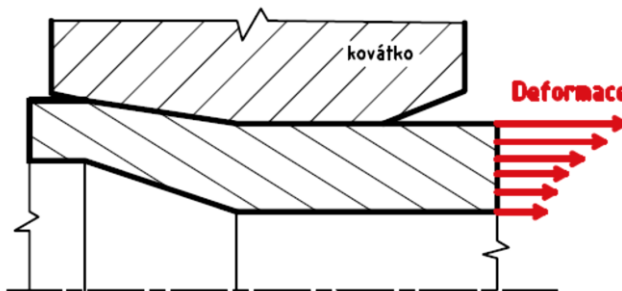
$s_1[mm]$ je tloušťka stěny po deformaci,

$$\text{délka} \quad \varepsilon_l = \frac{l_0 - l_1}{l_0}, \quad [-] \quad (3.3)$$

kde: $l_0[mm]$ je výchozí délka,

$l_1[mm]$ je délka po deformaci.

Při rotačním kování dochází k poměrně složité deformaci materiálu. Kovátka působí na tvářený polotovar silou v radiálním směru, ale materiál se přemísťuje jednak ve směru působení síly, tak i v kolmém směru podélné osy výkovku. Rychlosti tečení materiálu v podélném směru je na různých průměrech příčného průřezu jiná viz obr. 17. Příčné řezy výkovku tedy nezůstávají při kování konstantní. To spolu s deformačním zpevněním materiálu omezuje dosažitelnou deformaci materiálu. Při jejím překročení může v příčném průřezu dojít k oddělování jednotlivých vrstev materiálu a při kování trubkového polotovaru i ke vzniku trhlin na vnitřním povrchu výkovku. Maximální dosažitelná deformace R_{max} se tak zpravidla pohybuje kolem 35% a obvykle se vyjadřuje změnou velikosti příčného průřezu trubky jako:



Obr. 20 Rozložení deformace [12]

$$R_{max} = \frac{(S_0 - S_1)}{S_0} * 100 = 35 \%, \quad (3.4)$$

kde: $S_0[mm^2]$ je plocha příčného průřezu trubky před deformací,

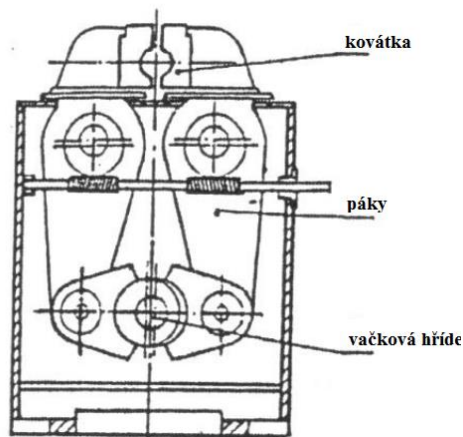
$S_1[mm^2]$ je plocha příčného průřezu trubky po deformaci.

3.1 Kovací stroje [11], [12], [17], [18], [19]

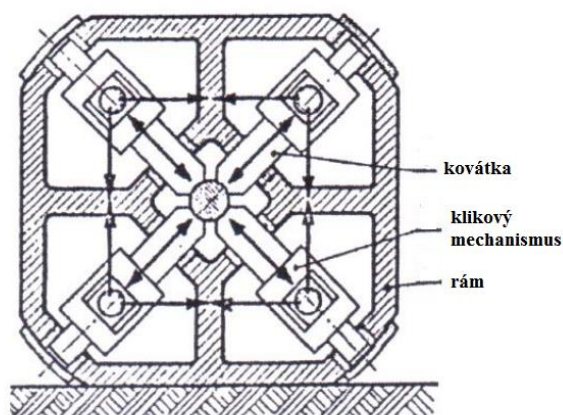
Rotační kování lze realizovat na strojích různé konstrukce. Jednotlivé konstrukce se liší mechanismy vyvození a přenosu kmitavého pohybu na kovátka.

- Konstrukce **fy. WACKER** (obr. 21) používá dvě kovací čelisti. Kmitavý pohyb kovacích čelistí je vyvozen pomocí rotující vačkové hřídele a přenášen pomocí dvouramenných pák. Kovaný rozměr je možné měnit oddalováním nebo přibližováním otočných bodů.

- Konstrukce **GFM** (obr. 22) používá čtyři nebo šest kovátek. Pohyb každého kovátko je realizován samostatným klikovým mechanismem zabudovaným v rámu stroje. Údery kovátek musí být synchronizované. Jejich synchronní pohyb je zajišťován řídicím programem stroje. Tímto programem je řízeno jak rozevírání a svírání kovátek při změně tvářeného průměru tak i činnost upínacích kleštín. Při kování hlavní se tato konstrukce využívá nejvíce.

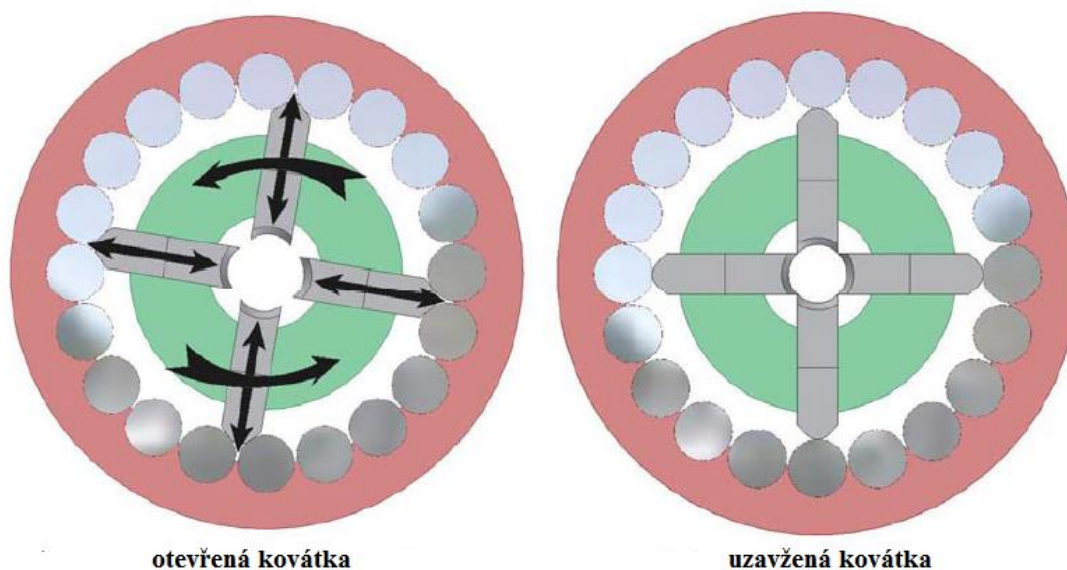


Obr. 21 fy WACKER [11]



Obr. 22 fy GFM [11]

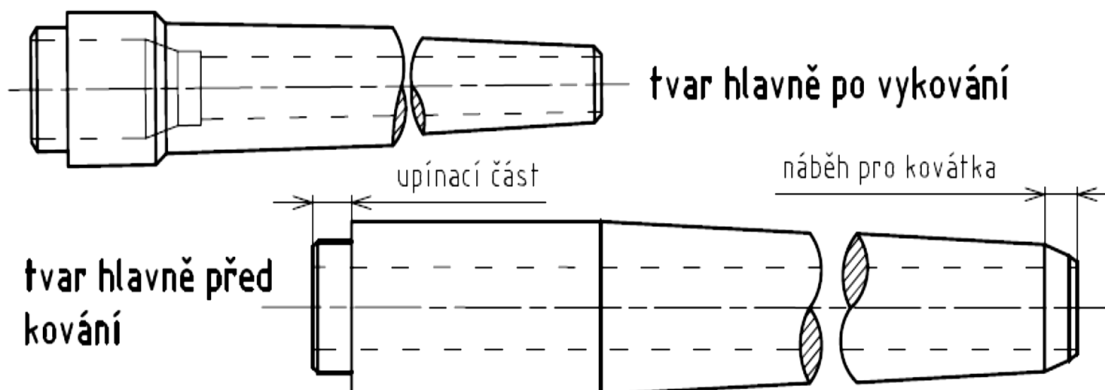
- Konstrukce vyvinutá firmou **Torrington Machinery** a používaná například i ve strojích firmy **HMP** umožňuje použít různý počet kovátek a to dvě, čtyři, šest, osm nebo i tři. Kovátka jsou umístěna v rotujícím unašeči. Při rotaci unašeče jsou odstředivou silou tažena směrem k pevným válcům umístěným ve stacionární skříni. Mezi válci se kovátko rozevívají a když dotýkají vrcholků válců tak se zavírají, to je znázorněno na obr. 23. Kovaný průměr lze změnit zmenšením nebo zvětšením mezer mezi kovátky a válci, ale pouze během seřizování stroje. Nevýhodou tedy je, že ho nelze měnit dynamicky za chodu stroje.



Obr. 23 Princip fy Torrington Machinery [17]

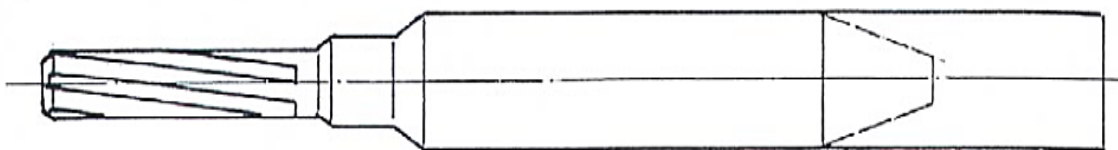
3.2 Rotační kování hlavně [11], [12], [20]

Hlaveň je v podstatě silnostěnná trubka jejíž průřez se po délce mění a jako taková je typický představitel součástí vhodné na výrobu rotačním kovááním. Hlavně malorážových zbraní jsou kovány za studena. Rotačním kovááním lze vyrábět hlavně s drážkovanou i hladkou vodící částí vývrtu, a to včetně nábojové komory. Výchozím polotovarem pro kovanou hlavěň je přířez z kruhové tyče do něhož je vyvrtán průchozí otvor většího průměru než bude výsledná ráže zbraně. Otvor je následně vystružen a strojově honován. Z vnější strany se polotovar obrobí na mírně kuželovitý tvar a vytvoří se na něm skosený náběh pro kovátko. Polotovar je asi o 1/3 kratší než výsledná délka hlavně. Polotovar hlavně před kovááním a po vykováání je na obr. 24.



Obr. 24 Tvary polotovaru [11]

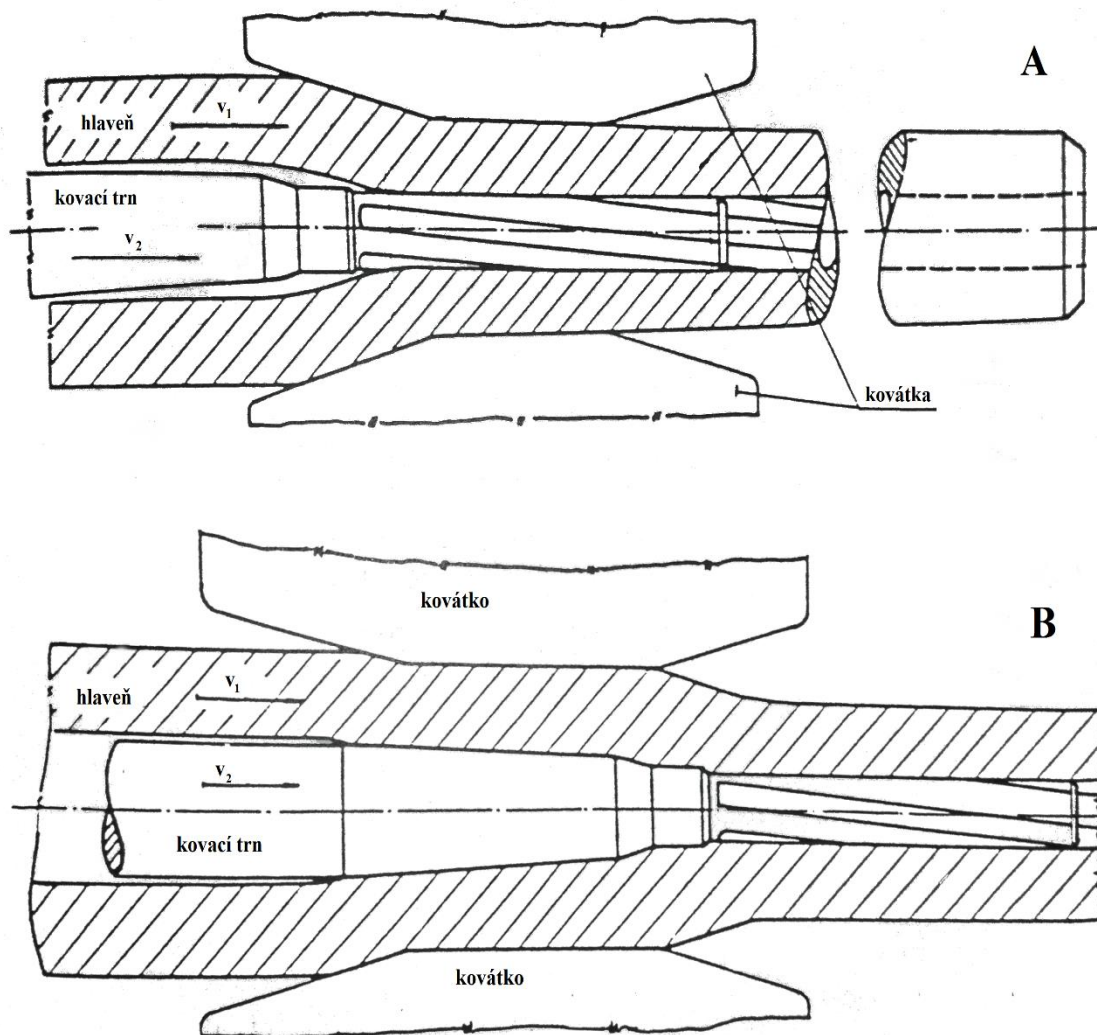
Při kováání se postupuje následovně. Polotovar je upnut do čelistí kovacího stroje a do něj je vsunut trn (obr. 25) ze slinutého karbidu, jeho povrch tvoří negativ vývrtu. Trn se skládá z části pro kováání vodící části vývrtu s drážkami a z části pro vykováání nábojové komory (pokud se kove jen hlavěň bez nábojové komory pak se trn touto částí opatřen není).



Obr. 25 Kovací trn [20]

Hlaveň se kove od ústí k zadnímu čelu. Do prostoru mezi kovátkem je zasunut skosený náběh s přední částí trnu vloženou uvnitř. Synchronizovanými údery kovátek s frekvencí 1000 až 1500 úderů za minutu, na vloženém trnu je postupně překována celá délka hlavně v drážkované části. Při kováání drážkované části se postupně a souhlasně do záběru mezi kovátkem zasouvá jak tvářený polotovar (rychlostí v_1) tak i vnitřní trn (v_2). Zatlačování vnitřního trnu se provádí za účelem získání mírné kuželovitosti vnitřního otvoru. Mírná kuželovitost vývrtu způsobí snazší zaříznutí střely do drážek. Kovátka se během procesu radiálně rozevírají pro získání vnější kuželovitosti hlavně.

Pokud se kove hlaveň včetně nábojové komory tak se kovátko po vykování drážkované části rozevře na větší průměr, který odpovídá vnějšímu průměru v této části hlavně. Mezi kovátko je zasunuta část trnu určená pro kování nábojové komory a je dokována celá délka hlavně. Princip kování hlavně je na obr. 26.



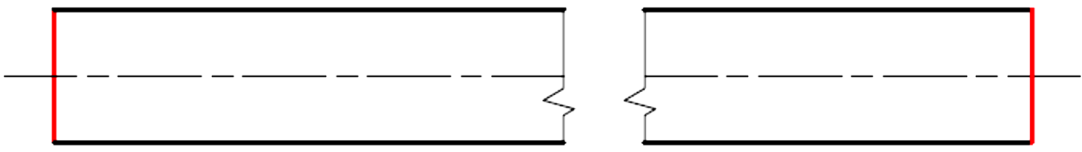
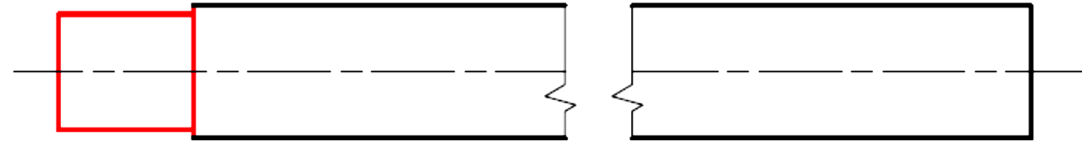
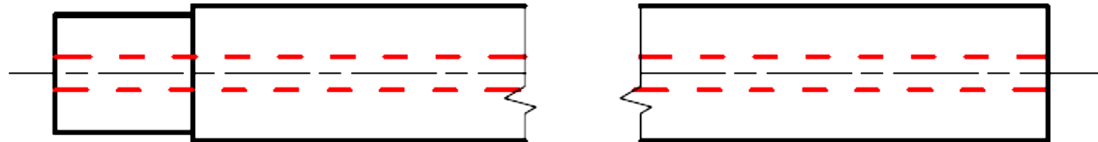
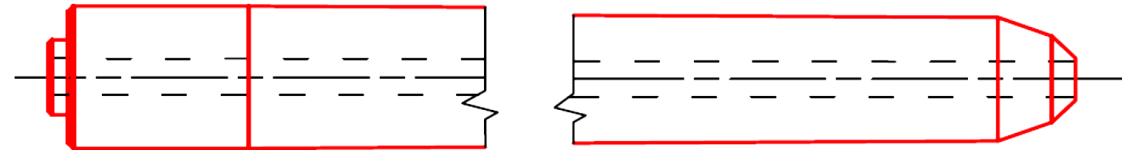
Obr. 26 Kování hlavně, **A** kování drážkované části,
B kování nábojové komory [11]

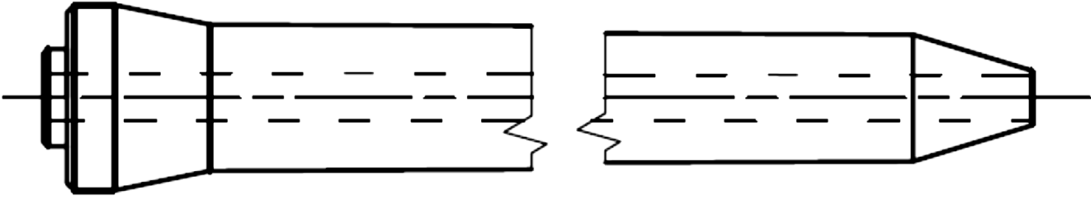
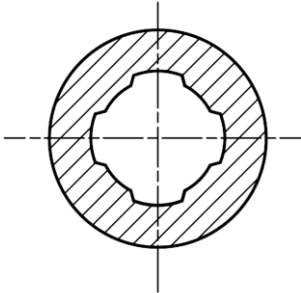
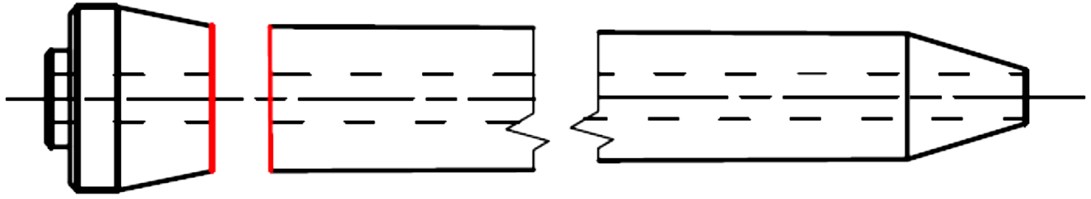
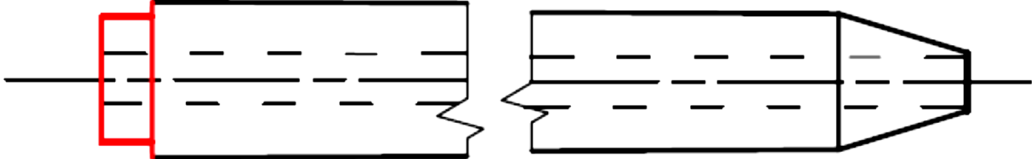
Takto za studena vykované hlavně mají oproti hlavním zhotoveným třískovým obráběním lepší mechanické vlastnosti, především zvýšenou pevnost. Nejnáročnější operace obrábění, tj. vrtání se provádí do polotovaru, který je o 1/3 kratší než výsledná hlaveň a neprovádí se tedy skrze celou délku hlavně. Tím se docílí lepší souososti vývrtu s vnějškem hlavně. Další výrazné přednosti této metody jsou lepší využití materiálu a vyšší produktivita výroby než při obrábění vývrtu.

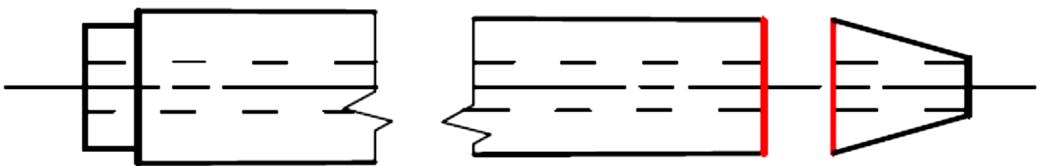
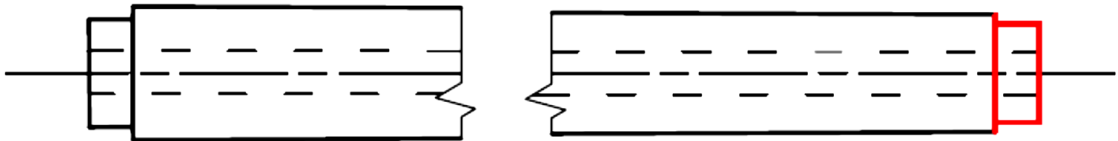
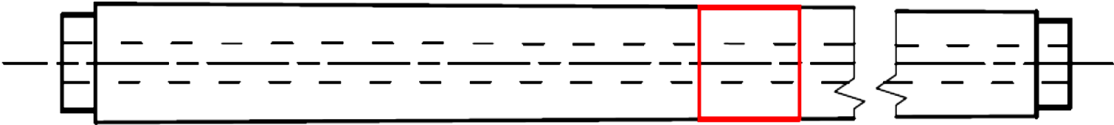
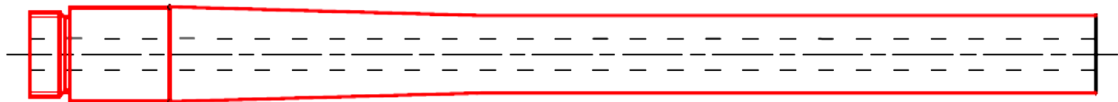
4 VÝROBNÍ POSTUP KOVANÉ HLAVNĚ [11], [13]

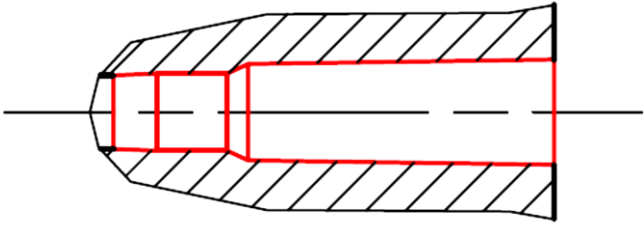
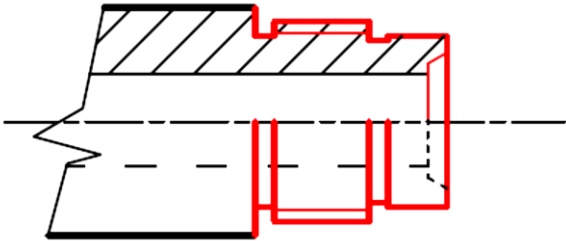
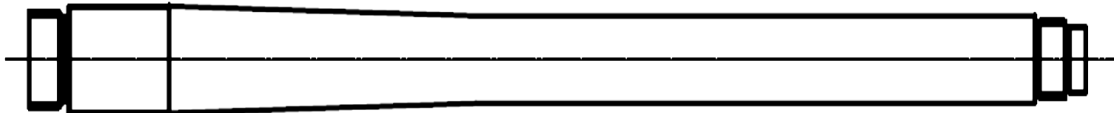
Polotovarem pro malorážové hlavně je obvykle tyčový materiál potřebného průměru, který je tepelně zpracován na požadované mechanické vlastnosti a je rovnán. Od výrobce je k polotovarům vyžadován atestační certifikát o dodržení chemického složení a mechanických vlastností. Rámcový postup výroby kované malorážové hlavně je v tab. 1.

Tab. 1 Rámcový výrobní postup kované malorážové hlavně

ČÍSLO OPERACE	NÁZEV OPERACE	POPIS OPERACE
10	ŘEZAT	nařezání přířezů z tyčového polotovaru na požadovanou délku
		
20	SOUSTRUŽIT	zarovnání čel a soustružení upínacího čepu
		
30	KONTROLA TVRDOSTI	tvrdoměr
40	VRTAT	vyvrtání průchozího otvoru pomocí např. hlavňového vrtáku
		
50	SOUSTRUŽIT	soustružení vnějšího kuželového tvaru a náběhu pro kování a upínací části pro kovací stroj
		

60	HONOVAT	honování vývrtu
70	KOVAT	kování drážek na kovacím stroji, vývrt je před kováním vyčištěn a je do něho stříknuto několik kapek oleje
		
		profil kovaného vývrtu (lichoběžníkový profil drážek)
80	ROVNAT PODLE STÍNU	po vykování může být hlaveň zprohýbaná, proto je následně rovnána podle stínu na rovnacím stojanu
100	UPÍCHNOUT	upíchnutí neprokované části
		
110	SOUSTRUŽIT	zarovnání čela, osazení pro upnutí
		
120	UPÍCHNOUT	upíchnutí náběhu pro kováčka

		
130	SOUSTRUŽIT	zarovnání čela, osazení pro upnutí
		
140	BROUSIT	uprostřed se vybrousí plocha pro lunetu
		
150	OBRÁBĚT	soustružení vnějšího tvaru hlavně, obrobení funkčních ploch a závitu u komory
		
160	TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ	odstranění vnitřního pnutí po kování (stabilizační žíhání)
170	ROVNAT PODLE STÍNU	kontrola podle stínu a rovnání po tepelném zpracování
180	BROUSIT	broušení vnějšího povrchu hlavně, odstranění stop po lunetě
190	LEŠTIT	leštění povrchu
200	ODJEHLIT	odstranění ostřin
210	SOUSTRUŽIT	Vyhrubování nábojové komory

		
220	VYSTRUŽIT	vystružení nábojové komory
230	LEŠTIT	leštění nábojové komory
240	ČISTIT VÝVRT	ruční čištění vývrtu vytěrákem
250	KONTROLA	kontrola vzhledu opracování
260	SOUSTRUŽIT	soustružení ústí
		
270	TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ	izotermické kalení a popuštění
280	KONTROLA TRHLIN	kontrola defektoskopem, na hlavní se nepřipouští žádné trhliny
290	OČISTIT	očištění emulze po kontrole trhlín
300	KONTROLA	kontrola rovinnosti propadávacím kalibrem
310	ROVNAT PODLE STÍNU	kontrola podle stínu, rovnání na rovnacím stojanu
320	LEŠTIT	přešetření nábojové komory
330	KONTROLA	výstupní kontrola
340	ZNAČIT	popsání značením ráže
350	KONZERVOVAT	konzervace hotové hlavně v oleji
		

5 ZÁVĚRY

Metoda rotačního kování se jeví jako nejlepší metoda pro výrobu malorážových hlavních. V porovnání s dalšími metodami uvedenými v této práci má mnoho výhod, především je to vyšší pevnost hlavně způsobená zpevněním materiálu. Oproti metodám používajícím jen třískové obrábění, jako jsou protahování a drážkování, je zde výrazná úspora materiálu. Ve srovnání s protlačováním je to především vyšší produktivita. V produktivitě a kvalitě je s rotačním kovááním srovnatelná metoda flow formingu. Její využití je ale omezené jen na kratší malorážové hlavně. Elektrochemické drážkování se v praxi omezuje jen na hlavně ze zvláštních materiálů, které se nedají obrábět jinak. Rotační kování se tedy jeví jako nejperspektivnější metoda výroby hlavních. Její universální použití a možnost kovat za studena i za ohřevu, tak umožňuje vyrábět širokou škálu hlavních od nejmenších ráží (drážkované i hladké) až po dělové hlavně velkých ráží.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ [21], [22],

1. *Úplné znění zákona č. 119/2002 Sb., o střelných zbraních a střelivu (zákon o zbraních)*. Vydání: druhé. Praha: Armex, 2017. Edice kapesních zákonů. ISBN 978-80-87451-51-9.
2. CZUB [online]. [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://www.czub.cz/>
3. *Sporting Classics Daily* [online]. [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://sportingclassicsdaily.com/rifle-twist/>
4. SLANINA, Miroslav. *Puškařství: z historie puškařského řemesla v Čechách*. Praha: ARMS STUDIO, 2012. ISBN 978-80-260-2503-0.
5. ŽUK, Aleksandr Borisovič. *Pušky a samopaly*. 1. Praha: Naše vojsko, 1992, 240 s. ISBN 80-206-0150-3.
6. *Puškařství Mařík* [online]. [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <http://www.puskarstvi-marik.cz/vyroba-replik-strelnych-zbrani/>
7. MATYÁŠ, Jiří. *Puškařská dílna* [online]. [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <http://puskarska-dilna.cz/>
8. *Kerberos trade* [online]. [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://www.kerberostrade.cz/katalog/puska-pechotni-lorenz-vz-1854-ii-r-139-mm/>
9. *Sellier-Bellot* [online]. [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://www.sellier-bellot.cz/>
10. JANKOVÝCH, Róbert. *Hlavní zbraně a střelivo*. Brno, 2012, 115 s. ISBN 978-80-260-2384-5.
11. LIDMILA, Zdeněk, Jan LUKEŠ a Emil SVOBODA. *STROJÍRENSKÁ TECHNOLOGIE II: Technologie ve výrobě zbraní a munice*. Brno: RVO VA, 1999, 164 s.
12. LIDMILA, Zdeněk. *Teorie a technologie tváření II*. Brno: Vydavatelské oddělení UO, 2008, 113 s. ISBN 978-80-7231-580-2.
13. NEZVAL, Vít. *Zlepšování užitečných parametrů balistických měřidel*. Brno, 2018. Dizertační práce. Univerzita obrany.
14. HUNÁR, Anton. *TECHNOLOGIE i: TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ - 2. část* [online]. VUT v Brně: Fakulta strojního inženýrství, 2004 [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-2cast.pdf
15. *ZBRANĚ KUNA* [online]. [cit. 2019-05-04]. Dostupné z: <http://www.zbrane-kuna.cz/>

16. *FirearmsID: An Introduction to Forensic Firearm Identification* [online]. [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <http://www.firearmsid.com/Feature%20Articles/FlowForming/riflingbyflowforming.htm>
17. *HMP* [online]. [cit. 2019-05-04]. Dostupné z: <https://www.hmp.de/en/>
18. *GFM* [online]. [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <http://www.agfm.com/default.html?reload>
19. *Torrington machinery* [online]. [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://torrington-machinery.com/en/home/>
20. HIGLEY, James a Vern BRIGGS. *Notes on Hammer Forged Barrels*. Hammond: Purdue University.
21. CITACE PRO. *Generátor citací* [online]. 2013 [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <http://citace.lib.vutbr.cz/info>
22. KRČÁL, Martin a Zuzana TEPLÍKOVÁ. *Naučte (se) citovat*. Blansko: Citace.com, 2014. ISBN 978-80-260-6074-1.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Legenda	Jednotka
R_m	mez pevnosti	[MPa]
R_{max}	maximální dosažitelná deformace	[%]
D_0	výchozí průměr	[mm]
D_1	průměr po deformaci	[mm]
l_0	výchozí délka	[mm]
l_1	délka po deformaci	[mm]
s_0	výchozí tloušťka stěny	[mm]
s_1	tloušťka stěny po deformaci	[mm]
S_0	plocha příčného průřezu trubky před deformací	[mm ²]
S_1	plocha příčného průřezu trubky po deformaci	[mm ²]
ε_D	poměrná deformace průměru	[-]
ε_l	poměrná deformace délky	[-]
ε_s	poměrná deformace tloušťky stěny	[-]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Řez hlavní s vloženým nábojem [2]	9
Obr. 2 CZ 557 Lux [3]	9
Obr. 3 CZ BREN 2 BR [3]	9
Obr. 4 Husitská píšťala [6].....	10
Obr. 5 Kolečkový zámek [7].....	11
Obr. 6 Křesadlový zámek [7].....	11
Obr. 7 Řez střelou Minié [4]	11
Obr. 8 Perkusní zámek [8]	11
Obr. 9 Jednotný náboj [9]	12
Obr. 10 Členění vývrtu hlavně [10]	13
Obr. 11 Profily drážek [10].....	13
Obr. 12 Celistvý protahovák [14]	15
Obr. 13 Tažná hlava[11]	15
Obr. 14 Schéma drážkování [11]	16
Obr. 15 Protlačovací nástroj [11].....	17
Obr. 16 Schéma protlačování [11]	17
Obr. 17 Flow forming [16]	18
Obr. 18 Schéma ECR [11]	18
Obr. 19 Princip rotačního kování [12]	19
Obr. 20 Rozložení deformace [12]	20
Obr. 21 fy WACKER [11].....	21
Obr. 22 fy GFM [11].....	21
Obr. 23 Princip fy Torrington Machinery [17]	21
Obr. 24 Tvary polotovaru [11].....	22
Obr. 25 Kovací trn [20].....	22
Obr. 26 Kování hlavně [11]	23

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Rámcový výrobní postup kované malorážové hlavě	24
---	----

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Přehled hlavních ocelí se základními mechanickými vlastnostmi [11]

Příloha 1

Tab. 1.1 Přehled hlavních ocelí se základními mechanickými vlastnostmi

Označení	Chemické složení							Mechanické vlastnosti						
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	V	ostatní	Stav zpra- cování	R _m /R _{p0,2} [MPa]	A [%]	Z [%]	KCU [J·cm ⁻²]	Obrobi- telnost
11 109	do 0,13	0,9 - 1,5							0	510/370	8			
11 110	0,07 - 0,16	0,6 - 1,1	do 0,4					Mn.S=min3	0	490/390	8			14 b
11 600	do 0,5								2	588/330	14	35		14 b
12 050	0,42 - 0,5	0,5 - 0,8	0,17 - 0,37	-0,25	-0,3				6	690/440	16	40	49	12 b
12 060	0,52 - 0,6	0,5 - 0,8	0,15 - 0,4	0,25	0,3			Cu do 0,3	7	750/480	14	35	35	12 b
12 061	0,57 - 0,65	0,5 - 0,8	0,15 - 0,4	0,25	0,3			Cu do 0,3	7	850/570	11	25		12 b
13 242	0,36 - 0,46	1,5 - 2,0	0,15 - 0,4				0,07 - 0,15		7	980/785	11	35		9 b
14 160	0,5 - 0,6	0,7 - 1,0	0,3 - 0,5	0,3 - 0,5	0,4			Cu do 0,3	7	1100/880	8	24		8 b
15 142	0,38 - 0,45	0,5 - 0,8	0,17 - 0,37	0,9 - 1,2		0,15 - 0,30			7	1100/900	10	40	50	
15 230	0,24 - 0,34	0,4 - 0,8	0,17 - 0,37	2,2 - 2,5		0,1 - 0,2			7	980/830	12	45	39	10 b
15 330	0,24 - 0,34	0,4 - 0,8	0,17 - 0,37	2,3 - 2,7		0,2 - 0,3	0,15 - 0,3		8	980/830	12	55	59	10 b
16 240	0,32 - 0,4	0,35 - 0,7	0,17 - 0,37	0,5 - 0,9	1,2 - 1,7				7	785/580	11	40	59	11 b, 12 b
16 341	0,35 - 0,43	0,6 - 0,8	0,17 - 0,37	0,8 - 1,2	1,6 - 2,1	0,1 - 0,2			8	1760/1420	8	22	10	
16 343	0,32 - 0,4	0,5 - 0,8	0,15 - 0,4	1,3 - 1,7	1,3 - 1,7	0,2 - 0,3			7	1200/1000	10	45	70	10 b, 11 b
16 440	0,3 - 0,4	0,4 - 0,8	0,17 - 0,37	0,6 - 1,0	3,2 - 3,7				7	930/785	12	50	59	10 b
16 444	0,32 - 0,4	0,4 - 0,6	0,15 - 0,4	1,7 - 1,2	1,5 - 1,8	0,15 - 0,25	0,1 - 0,2		7	930/830	16		50	10 b
16 532	0,27 - 0,34	1,0 - 1,3	0,9 - 1,2	0,9 - 1,2	1,4 - 1,8				4	1570/1370	9	40	49	10 b
16 640	0,3 - 0,38	0,35 - 0,6	0,17 - 0,37	0,8 - 1,2	4,7 - 5,2				8	1570/1275	9	30	29	11 b
17 335	do 0,12	1,0 - 2,0	do 0,8	13,5 - 16,5	34 - 38			Ti 1,2-1,9 W 2,7-3,7	9	680/390	15	20	59	5 b, 6 b
19 132	0,65 - 0,75	0,15 - 0,35	0,15 - 0,35	do 0,25	do 0,25									12 b
19 675	0,24 - 0,34	0,3 - 0,6	0,3 - 0,6	0,5 - 0,9	2,2 - 2,7	0,6 - 1,0	0,2 - 0,4							11 b
19 678	0,24 - 0,34	0,15 - 0,4	0,15 - 0,4	0,5 - 0,9	3,9 - 4,6	1,1 - 1,7								10 b, 9 b
42CrMo4V	0,38 - 0,45	0,5 - 0,8	0,15 - 0,4	0,9 - 1,2		0,15 - 0,3	0,15			1400/1200	12	40	50	
OChN1M	0,35	0,6	0,2	1,5	1,5	0,25				-/850		20	30	
OChN3M	0,35	0,6	0,3	0,8	3,0	0,25				-/900				
OChN3MFA	0,35	0,6	0,3	0,8	3,0	0,25	0,15			-/1200	25		35	
35NCD16	0,3 - 0,37	0,3 - 0,6	0,1 - 0,4	1,6 - 2,0	3,7 - 4,2	0,3 - 0,5				1700/-	10	37	62	